



# **UN MUNDO DE UNOS Y CEROS. NUEVOS RECURSOS DIDÁCTICOS DEL SISTEMA DE NUMERACIÓN BINARIO EN EDUCACIÓN PRIMARIA**

Eduardo Gregorio Quevedo Gutiérrez  
Víctor Manuel Hernández Suárez  
Agustín Morales González

Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)

## **Resumen**

Si bien la comprensión detallada del sistema de numeración binario requiere un nivel de educación secundaria [1], el trabajo con números binarios desde la etapa de primaria permite mostrar al alumnado cómo el mundo de las matemáticas se conecta con la ciencia y la tecnología. La introducción de los números binarios en esta etapa temprana permite abrir la mente a los escolares a una nueva manera de ver los sistemas de numeración, ampliando de esta manera la limitación a la tradicional base diez [2]. El reto de afrontar esta enseñanza en Educación Primaria requiere plantear un conjunto de estrategias didácticas que se desglosan en este artículo. Pensamos que merece la pena desarrollar este desafío, en tanto en cuanto la aplicación del sistema de numeración binario presenta en muchos campos una significación física directa para el alumnado. Por otra parte, la introducción es sencilla una vez se conoce el sistema de numeración decimal, puesto que el sistema binario no deja de ser una particularización del decimal. Para un primer acercamiento se puede utilizar el método socrático [3].

## **Abstract**

While detailed understanding of the binary numbering system requires a secondary level of education [1], working with binary numbers from Primary School allows students to learn how the world of mathematics connects with science and technology. The introduction of binary numbers at this early stage opens the minds of schoolchildren to a new way of looking at numbering systems, thus extending the limitation to the

traditional base-10 [2]. The challenge of tackling this teaching in Primary Education requires a set of didactic strategies that are broken down in this article. This challenge is worth developing, insofar as the application of the binary numbering system presents in many fields a direct physical significance for students. On the other hand, the introduction is simple once the decimal numbering system is known, as long as the binary system continues to be a particularization of the decimal, allowing the use of the Socratic Method for a first approach [3].

## **Introducción**

El sistema binario se encuentra en un contexto claro de interrelación con la vida cotidiana del alumno desde edades tempranas. Tal como ha demostrado la Educación Matemática Realista [4], que se centra en qué Matemáticas enseñar y cómo enseñarlas, las situaciones de la vida cotidiana se encuentran en la base de la pirámide de los contextos de aprendizaje.

Desde tiempos remotos el hombre comenzó a desarrollar diferentes sistemas matemáticos con su correspondiente base numérica para satisfacer sus necesidades de cálculo. Los sistemas numéricos más antiguos son el babilónico, el romano, el hindú y el árabe.

El sistema numérico babilónico tenía base 60 y, en la actualidad, de éste sólo quedan en uso los grados, horas, minutos y segundos. El romano, por su parte, era el más atrasado de todos. De ese sistema actualmente sólo se utilizan sus números (I, V, X, L, C, D y M) para señalar las horas en las esferas de algunos relojes, indicar los capítulos en los libros y, en otros casos, para hacer referencia a un determinado año. Sin embargo, los sistemas numéricos hindú y árabe sí han llegado hasta nuestros días; es lo que conocemos como sistema numérico decimal (de base 10), cuyo uso es el más extendido en todo el mundo. Tal como indica su prefijo (deci), este sistema utiliza 10 dígitos, del 0 al 9, con los cuales podemos realizar cualquier tipo de operación matemática.

Desde el comienzo de la Educación Primaria, en la escuela tradicionalmente se enseñan las matemáticas correspondientes al sistema numérico decimal, que se continúan utilizando durante el resto de nuestras vidas para realizar tanto cálculos simples como complejos. Debido al uso extendido del sistema decimal, muchas personas desconocen la existencia de otros sistemas numéricos como, por ejemplo, el binario (de base 2), el octal (de base 8) o el hexadecimal (de base 16), entre otros.

Con la aparición de los ordenadores, los ingenieros informáticos se vieron en la necesidad de adoptar un sistema numérico que permitiera a la máquina funcionar de forma fiable. Debido a que el sistema numérico decimal resultaba complejo para crear un código apropiado, adoptaron el uso del sistema numérico binario (de base 2), que emplea sólo dos dígitos: “0” y “1”. De esta forma, con el sistema binario los ingenieros crearon un lenguaje de bajo nivel o “código máquina”, que permite a los ordenadores entender y ejecutar las órdenes sin mayores complicaciones, pues el circuito electrónico de la máquina sólo tiene que distinguir entre dos dígitos para realizar las operaciones matemáticas y no entre diez, como hubiera sucedido de haberse adoptado el sistema numérico decimal para el funcionamiento de los ordenadores. Estos dos dígitos se pueden interpretar entonces fácilmente como un circuito abierto o un circuito cerrado, respectivamente.

La comprensión del sistema binario por parte de los escolares desde edades tempranas es fundamental para un entendimiento posterior de materias que, poco a poco, se van integrando en el sistema educativo, alineadas con la idea del denominado “pensamiento computacional”, como la programación o la robótica. En este artículo se presentan algunos recursos didácticos para trabajar el sistema binario en Educación Primaria

## **Nuevos recursos didácticos**

El sistema binario se puede introducir desde edades tempranas una vez que el alumno haya comprendido correctamente el funcionamiento del sistema decimal. Es en este punto en el cual se puede utilizar una serie de recursos útiles para trabajar con el sistema binario. El planteamiento que se realiza en este artículo se centra en considerar la idea de que los alumnos viven en “un mundo de unos y ceros”. Mediante el método socrático, se irá planteando una serie de preguntas a los alumnos, de forma que éstos podrán comprender el valor del sistema binario, así como sus limitaciones.

### **¿Por qué dos cifras?**

Una pregunta inicial que se puede plantear es ¿por qué utilizamos dos cifras: 0 y 1, en lugar de utilizar las 10 tradicionales, del 0 al 9? Es una pregunta que puede quedar en el aire durante el desarrollo del tema. En algún momento un alumno podrá decir que “porque es más fácil que usar 10 cifras”. Entonces se puede aprovechar para preguntar: ¿entonces, por qué no usamos una sola cifra?

El uso de una única cifra, partiendo de lo ya conocido previamente, podría llevar a pensar en un sistema unitario, un sistema muy sencillo para representar los números naturales, en el que para representar un número  $n$ , se elige un símbolo arbitrario, que será la única cifra que tenga dicho sistema de numeración, y se repetirá  $n$  veces. Por ejemplo, si se toma el símbolo “|” como cifra única, el número 4 estaría representado como “||||”. De esta forma, se puede comprender fácilmente que la suma y la resta de números en el sistema unario son muy sencillas, ya que solo consistirán en juntar dos números o tachar símbolos. Sin embargo, el sistema de numeración unario tiene muchas limitaciones tanto de cálculo, como de representación de números grandes (tal y como se presenta gráficamente en

la Figura 1), por lo que no es frecuentemente utilizado, salvo para casos simples de conteo.

Para que los alumnos de Primaria comprendan los inconvenientes al utilizar un sistema unario, se les podría preguntar cómo se podría representar la ausencia de algo, esto es el “0” tradicional existente en sistemas a partir del binario. Las respuestas dadas por los alumnos podrían incluir intentos por incluir dos cifras en el sistema, o utilizar el propio “0”; en este segundo caso se les podría preguntar que, si usamos el “0”, ¿cómo podremos contar si el “0” implica que algo “no existe”?

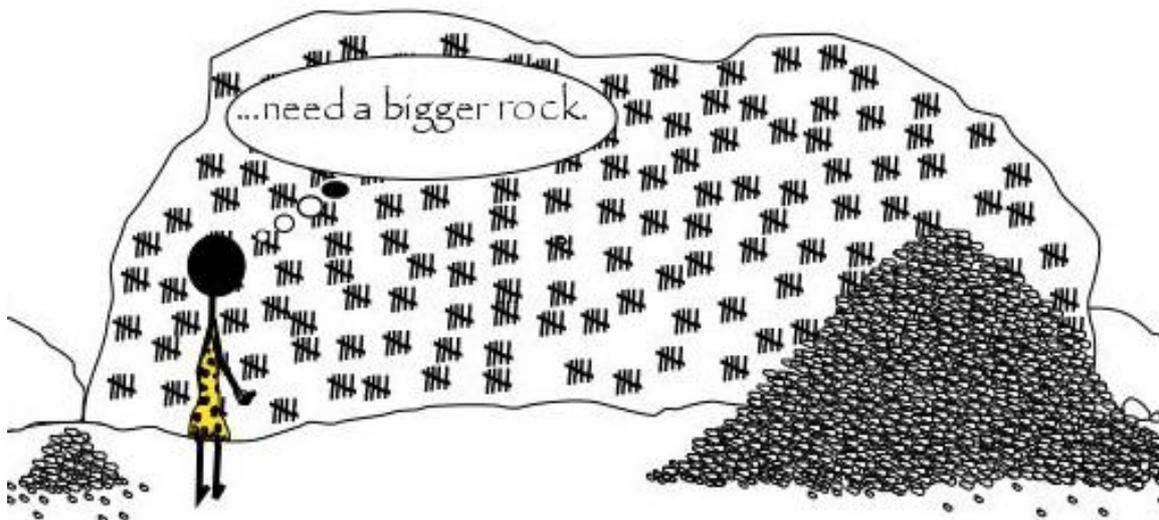


Figura 1. Utilización del sistema unario para contar, limitación mostrada gráficamente [5]

### ¿Qué cifras usamos?

Entonces, si se plantea a los alumnos usar dos cifras, podríamos preguntar por las cifras que usamos; esto lo podemos enlazar con la idea de que el 0 y el 1 son las dos primeras cifras del sistema decimal, con la relación que se estableció antes de usar el 0 para “algo que no existe”, por lo que dejaríamos el 1 para “algo que existe” y, finalmente, con la visión de los símbolos 0 y 1 en la vida cotidiana para encender o apagar algo,

normalmente el 0 representado como un círculo “O” y el 1 representado como una raya “|” tal y como se presenta en la Figura 2.



Figura 2. Botón de apagado (O) / encendido (|) en un aparato electrónico

### **¿Cómo contamos?**

Pues bien, supongamos que ya hemos introducido el uso de las dos cifras 0 y 1 como base del sistema binario. Entonces ya estamos en disposición de comenzar una tarea sencilla: contar, pero ¿cómo contamos?

Los alumnos saben que el 1 va después del 0, ya que el 0 indica la “nada” del sistema, tal y como ocurre en el sistema decimal. Pero, ¿qué número va después del 1? Hay que insistirles a los niños en que hay que encontrar el número más pequeño posible superior a 1. Habrá variedad de respuestas, se puede hacer una encuesta rápida en clase, probablemente salgan los siguientes números: 0, 2, 10 y 11. A partir de las respuestas se trata de razonar la respuesta correcta con los niños descartando el 0, ya que no se distinguiría del 0 inicial, y el 2 porque solo podemos usar ceros y unos. Elegimos entonces el 10 frente al 11 porque es menor. A partir de la deducción de que 10 es el tercer número del sistema binario tras el 0 y el 1 se puede mantener a la clase atenta, tratando de contar desde el primer número hasta el decimoquinto, por ejemplo, empezando en 0 y finalizando en 1111.

### **¿Cómo se relacionan los números binarios entre ellos?**

Una vez los niños han aprendido a contar en binario, podemos tratar de establecer algún tipo de relación entre los números binarios dependiendo

del número de cifras utilizadas para presentar un número determinado. Entonces, se pueden poner los números en una tabla obviando el 0 cero inicial (como a veces se hace con los números naturales) para tratar de establecer algún tipo de relación entre los números.

Cantidad (números)	De una cifra	De dos cifras	De tres cifras	De cuatro cifras
1	1	10	100	1000
2		11	101	1001
3			110	1010
4			111	1011
5				1100
6				1101
7				1110
8				1111

Tabla 1. Relación de cantidad de número frente al número de cifras utilizadas en el sistema binario

Se observa así que, a medida que se aumenta el número de cifras, la cantidad de números disponibles se va multiplicando por 2; a esto se le denomina la base de un sistema. De forma similar, se puede discernir que, en el sistema decimal con una cifra, hay 9 números (del 1 al 9), con dos cifras 90 números (del 10 al 99) y con tres cifras 900 números (del 100 al 999); en este caso, se dice que la base del sistema es 10.

### ¿Cómo se relacionan los números binarios con los decimales?

A partir de la deducción anterior y sabiendo que un número decimal (base 10) de 3 cifras lo podemos organizar en centenas, decenas y unidades de la siguiente forma:

$$953 = 9 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 3 \cdot 10^0 = 9 \cdot 100 + 5 \cdot 10 + 3 \cdot 1$$

se puede intuir que, entonces, el número 101 en binario (base 2) será:

$$101 = 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0 = 4 + 0 + 1$$

Para llamar la atención de los alumnos en este hecho y seguir trabajando el tema, se puede hacer uso de un reloj binario (Figura 3), que es un aparato electrónico que marca las horas, minutos y segundos de forma sencilla haciendo uso del sistema binario mediante una serie de LED (Diodos Emisores de Luz) que se encienden y se apagan dependiendo de la hora que marca el reloj, de la siguiente forma:

- Un LED apagado simboliza un 0 y un LED encendido simboliza un 1.
- De izquierda a derecha, las dos primeras columnas representan las horas, la 3ª y 4ª columna representan los minutos y las dos últimas columnas representan los segundos.
- La fila inferior es la menos significativa del sistema binario ( $2^0$ ) y a medida que se sube cada fila es un dígito más significativo que la anterior ( $2^1 = 2$ ,  $2^2 = 4$  y  $2^3 = 8$ ).



Figura 3. Dos modelos de reloj binario

De esta forma, tal y como se presenta en la Figura 4, para saber la hora tan solo tendremos que ir sumando columna a columna:

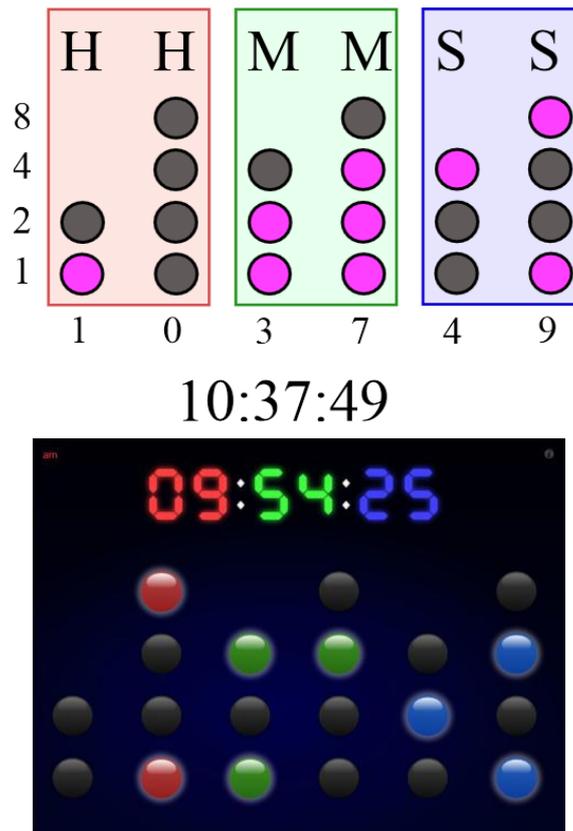


Figura 4. Dos ejemplos de hora en sistema binario

## Conclusiones

En este artículo se han presentado algunos recursos didácticos del sistema de numeración binario en Educación Primaria. Estos recursos se han probado ya con éxito tanto en clases con estudiantes del Grado en Educación Primaria de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria (futuros docentes) como con alumnos de la Escuela Primaria, con el fin de motivar la introducción del sistema binario desde edades tempranas, ya que su comprensión ayuda a un entendimiento posterior de materias como la Programación o la Robótica que, poco a poco se van integrando en el sistema educativo, alineadas con la idea del denominado “pensamiento computacional”.

## **Referencias bibliográficas**

- [1] Franco, A.J. (2008). Uno más uno son diez: recursos didácticos para la enseñanza y aprendizaje de los números binarios en educación secundaria; *Educación Matemática*, 20, 2.
- [2] Regan, R. (2011). How I taught Third Graders Binary Numbers. [www.exploringbinary.com](http://www.exploringbinary.com). Última visita: mayo 2017.
- [3] Garlikov, R. The socratic method: Teaching by asking instead of by telling. [http://www.garlikov.com/Soc\\_Meth.html](http://www.garlikov.com/Soc_Meth.html). Última visita: mayo 2017.
- [4] Van den Heuvel-Panhuizen, M. (2014). *Realistic Mathematics Education, Encyclopedia of Mathematics Education*, 521-525.
- [5] Mathemania: Numerals, the tally systems, numerical systems. <http://www.mathemania.com/lesson/numerals>. Última visita: mayo 2017.